

## ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА

УДК 612.17

### **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЕГЕТАТИВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ РИТМА СЕРДЦА У ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА: ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ**

**А.Л. Марков, Ю.Г. Солонин, Е.Р. Бойко**

Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,  
Сыктывкар

Проведен индивидуальный контроль влияния метеорологических параметров на вегетативную регуляцию ритма сердца у жителей Европейского Севера в ходе длительного мониторинга. Показано, что некоторые добровольцы метеозависимы, тогда как у других такой зависимости не выявлено. Наибольшее воздействие на вариабельность сердечного ритма у метеозависимых добровольцев оказали наружная температура и относительная влажность воздуха.

**Ключевые слова:** *вариабельность сердечного ритма, Европейский Север, индивидуальный контроль, метеорологические параметры.*

**Введение.** Хорошо известно, что человек подвержен существенному влиянию окружающей среды. Сердечно-сосудистая система организма особенно чувствительна к влиянию внешней среды (Зенченко, Варламова, 2015). Ее деятельность часто становится фактором, лимитирующим развитие приспособительных реакций организма в процессе адаптации (Евдокимов и др., 2007). Сердечно-сосудистая система, активно участвующая в процессах адаптации организма к условиям жизнедеятельности, подвергается существенному влиянию вегетативной нервной системы (ВНС). Литературные данные по влиянию метеорологических факторов на функциональное состояние человека часто противоречивы (Bortkiewicz et al., 2006; Lan et al., 2010 и др.). Возможно, это связано с тем, что в исследованиях часто не учитываются индивидуальные особенности организма. Адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у разных лиц с различной степенью участия функциональных систем, которые обладают, в свою очередь, обратной связью, изменяющейся во времени и имеющей переменную функциональную организацию (Баевский, Берсенева, 2008). Поэтому целью работы явился

индивидуальный контроль влияния наружных метеорологических условий на вегетативную регуляцию ритма сердца у жителей Европейского Севера при длительном мониторинге.

**Методика.** Еженедельный индивидуальный контроль проведен с сентября 2014 г. по октябрь 2015 г. у 6 офисных работников (3 мужчин и 3 женщин) в возрасте от 21 до 75 лет.

С помощью аппаратно-программного комплекса «Heart Wizard DELTA PW-1000» (созданного в результате совместной работы компании «Bioscom Technologies», США и ГНЦ РФ – Института медико-биологических проблем РАН), вычислялись такие параметры variability сердечного ритма (BCR), как: частота сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), доля числа пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс (pNN50), стресс-индекс (SI), суммарная мощность спектра (TP), относительные значения мощности спектра высокочастотного (HF, %), низкочастотного (LF, %), очень низкочастотного (VLF, %) компонентов BCR, индекс централизации (IC), показатель активности регуляторных систем (ПАРС). Ритмограмму регистрировали фотоплетизмографическим датчиком на мочке правого уха в течение 5 минут в положении сидя. Добровольцы перед началом исследования проходили период адаптации к окружающим условиям помещения в течение 5-10 минут.

Данные значений метеорологических параметров (температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра) на открытом воздухе получены с сайта <http://komimeteo.ru/>.

Исследование одобрено локальным комитетом по биоэтике при Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН.

Данные обработаны в программах «Microsoft Excel 2003» и «Statistica 6.0». Результаты представлены в виде минимума (min), максимума (max), медианы (Me) и 25-го и 75-го персентилей. Для выявления взаимосвязей между изучаемыми показателями вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

**Результаты и обсуждение.** Результаты индивидуального анализа BCR у шести добровольцев представлены в таблицах 1 и 2.

К базовым метеорологическим параметрам принято относить температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра (Зенченко и др., 2009). Корреляционный анализ показал существенные связи параметров BCR с метеорологическими показателями у четырех добровольцев. У волонтера №1 выявлена значимая связь относительной влажностью воздуха с LF ( $r_s = -0,316$ ,  $p = 0,021$ ) (рис. 1); у волонтера №2 – температуры воздуха с pNN50 (0,395; 0,009) (рис. 2), HF (0,382; 0,012) и IC (-0,382; 0,012), относительной влажности воздуха с pNN50 (-0,356; 0,019), HF (-0,377;

0,013) и IC (0,377; 0,013); у волонтера № 4 - температуры воздуха с LF (0,358; 0,035) и VLF (-0,423; 0,011) (рис. 3), относительной влажности воздуха с TP (0,347; 0,041) и VLF (0,481; 0,003); у волонтера № 6 – скорости движение воздуха с ЧСС (-0,382; 0,009), VLF (0,307; 0,038) и ПАРС-ом (-0,396; 0,007). У двух добровольцев существенных связей параметров ВСР с метеорологическими показателями не выявлено.

Т а б л и ц а 1

Параметры ВСР у обследованных мужчин

Показатели	Статистика	Добровольцы		
		№ 1 (n=53)	№ 2 (n=49)	№ 3 (n=54)
HR, уд/мин	min-max	65,00-97,00	53,00-79,00	53,00-78,00
	Me (25-75)	80,00 (75,00; 85,00)	64,00 (61,00; 66,00)	62,00 (58,00; 65,00)
SI, усл. ед.	min-max	36,27-337,00	32,50-147,51	32,76-428,09
	Me (25-75)	78,20 (59,80; 109,88)	63,41 (54,11; 91,18)	105,46 (76,97; 196,95)
pNN50, %	min-max	0,00-38,26	0,68-46,88	0,00-46,29
	Me (25-75)	13,58 (6,62; 18,47)	6,40 (3,65; 12,10)	5,92 (2,13; 12,97)
TP, мс <sup>2</sup>	min-max	473,29-10056,75	955,11-7203,53	220,09-5276,14
	Me (25-75)	2893,67 (2081,38; 3633,66)	2983,8 (2244,44; 3428,09)	1477,12 (764,39; 2386,42)
HF, %	min-max	7,96-42,31	2,47-55,41	3,27-73,73
	Me (25-75)	17,79 (12,75; 25,95)	15,61 (9,97; 20,54)	26,32 (16,51; 34,31)
LF, %	min-max	21,35-70,52	10,70-87,42	10,83-81,87
	Me (25-75)	42,54 (35,97; 50,44)	53,61 (46,00; 62,47)	53,47 (34,70; 65,15)
VLF, %	min-max	12,57-68,22	4,09-82,43	1,62-74,93
	Me (25-75)	33,58 (25,21; 46,20)	26,76 (14,44; 39,26)	14,64 (7,21; 31,61)
IC, усл. ед.	min-max	1,36-11,57	0,81-39,57	0,36-29,63
	Me (25-75)	4,62 (2,85; 6,85)	5,41 (3,87; 9,03)	2,80 (1,91; 5,06)
ПАРС, баллы	min-max	2,00-8,00	2,00-8,00	1,00-8,00
	Me (25-75)	5,00 (4,00; 6,00)	5,00 (4,00; 6,00)	5,00 (3,00; 6,00)

Многие авторы считают, что показатели ВСР зависят от температуры воздуха (Kinugasa, Hirayanagi, 1999; Liu et al., 2008; Lan et al., 2010; Xiong et al., 2016 и др.). В ряде работ показано, что температура окружающей среды связана с ВСР в теплый период года, но не в холодный (Ren et al., 2011; Wu et al., 2013). Люди, проживающие в местности с теплым климатом, как правило, лучше адаптируются к теплой погоде, но более уязвимы для холодной погоды (Zanobetti, Schwartz, 2008). Bortkiewicz A. et al. (2006) установили, что показатели ВСР (SDNN, HF, LF, VLF) не различаются между группами лиц, работающих при разных температурах окружающей среды (от -26 °С до 20 °С).

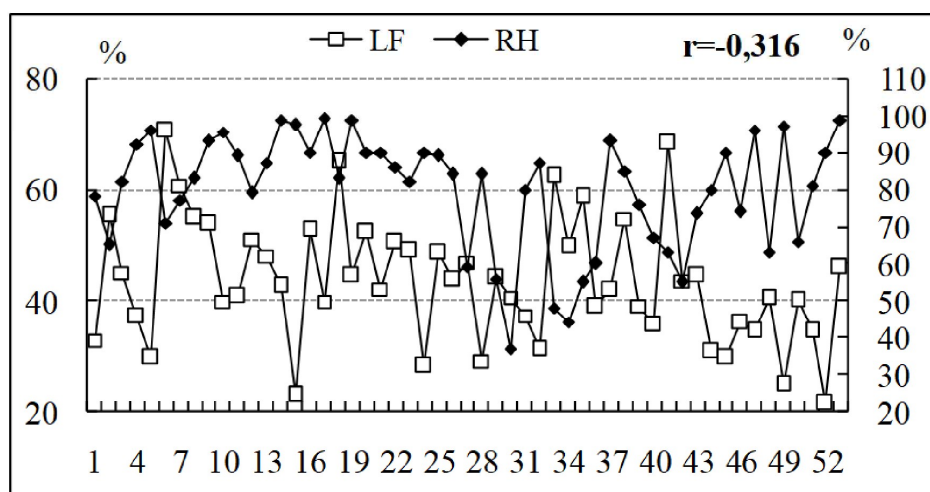
Таблица 2

## Параметры ВСР у обследованных женщин

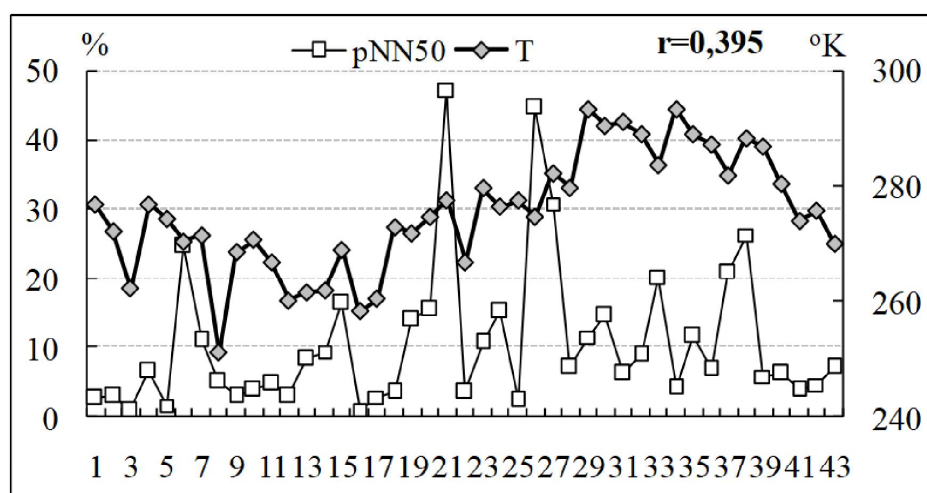
Показатели	Статистика	Добровольцы		
		№ 4 (n=35)	№5 (n=54)	№ 6 (n=46)
HR, уд/мин	min-max	68,00-94,00	47,00-73,00	67,00-93,00
	Me (25-75)	78 (75,50; 81,00)	60,00 (55,25; 63,75)	78,00 (74,25; 82,00)
SI, усл. ед.	min-max	64,65-296,79	28,68-341,76	53,94-336,65
	Me (25-75)	166,07 (142,82; 208,43)	110,67 (75,13; 153,53)	155,23 (132,75; 210,41)
pNN50, %	min-max	0,00-31,55	0,68-50,45	0,00-39,74
	Me (25-75)	3,69 (2,12; 11,20)	14,01 (6,12; 21,55)	5,34 (2,34; 9,43)
TP, мс <sup>2</sup>	min-max	706,51-3599,58	309,32-7285,52	345,84-4607,09
	Me (25-75)	1203,52 (854,85; 1412,69)	1477,04 (1123,29; 2294,30)	1393,40 (1065,29; 1825,27)
HF, %	min-max	6,26-54,98	5,51-74,98	11,83-63,48
	Me (25-75)	14,92 (11,41; 24,57)	34,78 (20,09; 46,47)	27,12 (18,68; 31,52)
LF, %	min-max	23,66-63,10	11,13-55,80	14,06-67,15
	Me (25-75)	36,10 (32,65; 43,11)	23,27 (18,21; 32,91)	32,78 (25,26; 40,23)
VLF, %	min-max	10,98-63,69	4,97-79,83	10,77-65,52
	Me (25-75)	42,58 (35,41; 52,36)	33,34 (23,29; 55,68)	40,32 (27,09; 47,25)
IC, усл. ед.	min-max	0,82-14,99	0,33-17,14	0,58-7,45
	Me (25-75)	5,70 (3,07; 7,77)	1,88 (1,15; 3,98)	2,69 (2,17; 4,36)
ПАРС, баллы	min-max	1,00-7,00	1,00-8,00	1,00-7,00
	Me (25-75)	4,00 (3,00; 5,00)	4,00 (3,00; 4,00)	3,00 (2,00; 4,75)

В данной работе мы выявили связь ВСР и температуры воздуха у двух добровольцев. У добровольца №2 повышение температуры воздуха приводит к улучшению функционального состояния организма. Схожая зависимость была отмечена у подростков-европеоидов, проживающих в прибрежной зоне Магаданской области: положительную связь с температурой воздуха имели показатели временного (SDNN, RMSSD, pNN50) и спектрального (TP, HF, VLF) анализа ВСР (Максимов, Лоскутова, 2011). Однако в ряде работ отмечена обратная закономерность: повышение температуры воздуха приводит к усилению активности симпатического звена ВНС (Shin, 2016), что мы и выявили у волонтера №4. Низкие значения температуры в помещении (Mäkinen et al., 2014), температуры наружного воздуха и атмосферного давления (Okada, Kakehashi, 2014) приводят к увеличению доминирования парасимпатической нервной системы.





Р и с . 1. Динамика относительной влажности воздуха (RH) и LF у добровольца № 1



Р и с . 2. Динамика температуры воздуха (T) и pNN50 у добровольца № 2

Существенное влияние относительной влажности воздуха выявлено у половины обследованных лиц, однако воздействие ее на ВСП разнонаправленное. У добровольца №2 увеличение относительной влажности воздуха приводит к снижению активности парасимпатической нервной системы и усилению – симпатической. У добровольца №4 при увеличении значений данного метеорологического параметра происходил рост влияния нейрогуморального и метаболического уровней регуляции на регуляцию ритма сердца. Таким образом, у этих людей отмечается напряжение регуляторных систем и мобилизация функциональных резервов. Повышенная относительная влажность при высокой

температуре воздуха способствует перегреванию, при низкой – переохлаждению организма человека. У волонтера №1, наоборот, рост относительной влажности воздуха приводит к снижению активности симпатического звена вегетативной нервной системы.

Атмосферное давление воздуха не оказывало существенного влияния на вегетативную регуляцию ритма сердца у всех добровольцев. Влияния скорости движения воздуха на волонтеров также практически не выявлено. Максимов и Лоскутова (2011) у уроженцев-европеоидов также не выявили значимой связи показателей ВСП с атмосферным давлением. Поскотинова и Григорьева (2008) показали, что у большинства обследуемых жителей Крыма увеличение атмосферного давления и скорости ветра приводит к повышению симпатической реактивности.

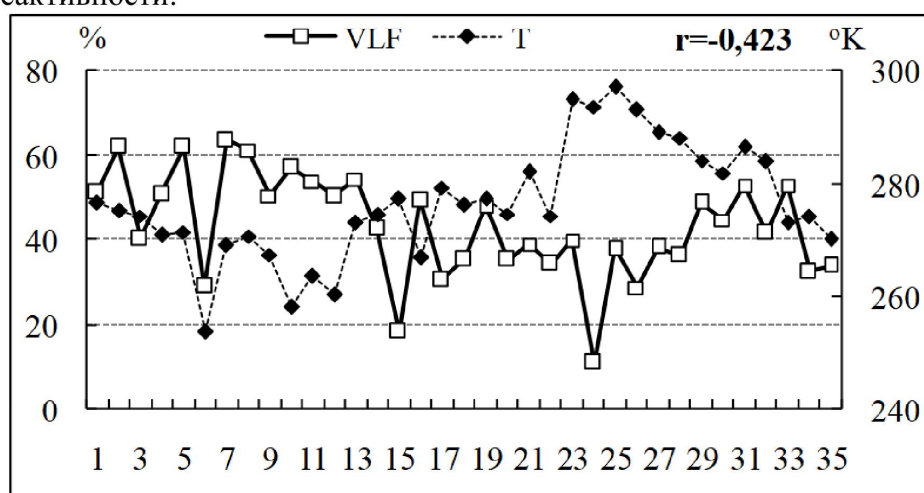


Рис. 3. Динамика температуры воздуха (Т) и VLF у добровольца № 4

ЧСС отражает конечный результат деятельности многочисленных регуляторных влияний на ритм сердца. Нами не выявлены существенные связи между данным показателем и метеорологическими параметрами у всех обследованных лиц. В мировой литературе авторами показаны как влияния метеорологических параметров на ЧСС (Заславская и др., 2010; No, Kwan, 2016), так и отсутствие этих влияний (Sunwoo et al., 2006; Morabito et al., 2008; Mäkinen et al., 2014). Из-за многофакторности воздействий на ЧСС, установленные у ряда обследованных лиц влияния метеорологических факторов на ВСП не привели к сдвигам в ЧСС.

К сожалению, в мировой литературе имеется небольшое количество работ, посвященных изучению влияния относительной влажности воздуха, атмосферного давления воздуха и скорости движения воздуха на вариабельность сердечного ритма. Поэтому

необходимы дальнейшие углубленные исследования для выявления возможных закономерностей.

**Заключение.** Нами показано, что некоторые из обследованных лиц метеозависимы, тогда как у других такой зависимости не выявлено. У метеозависимых добровольцев наибольшее воздействие на вариабельность сердечного ритма оказали наружная температура и относительная влажность воздуха. Индивидуальный контроль, представляющий собой динамическое наблюдение за функциональным состоянием организма, и его корреляция с метеорологическими параметрами позволяют выявить особенности реагирования организма на данные параметры.

### **Список литературы**

- Баевский Р.М., Берсенева А.П. 2008. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово. 220 с.
- Евдокимов В.Г., Рогачевская О.В., Варламова Н.Г. 2007. Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН. 259 с.
- Заславская Р.М., Щербань Э.А., Логвиненко С.И. 2010. Корреляционные отношения между параметрами погодных факторов и показателями гемодинамики у больных с артериальной гипертензией // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. № 4 (75). Вып. 9. С. 41-46.
- Зенченко Т.А., Варламова Н.Г. 2015. Характеристики реакции показателей гемодинамики здоровых людей на изменения метеорологических и геомагнитных факторов в условиях Севера // Геофизические процессы и биосфера. Т. 14, № 2. С. 50-66.
- Зенченко Т.А., Мёрзлый А.М., Поскотинова Л.В. 2009. Методика оценки индивидуальной метео- и магниточувствительности организма человека и ее применение на различных географических широтах // Экология человека. № 10. С. 3-11
- Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. 2011. Особенности структуры кардиоритма у нормотоников аборигенов и европеоидов, постоянных жителей прибрежной зоны Магаданской области // Экология человека. № 6. С. 11-16.
- Поскотинова Л.В., Григорьев П.Е. 2008. Зависимость типологических особенностей вегетативных реакций здоровых лиц от фоновых показателей гелиометеофакторов // Экология человека. № 5. С. 3-8.
- Bortkiewicz A., Gadzicka E., Szymczak W., Szyjowska A., Koszoda-Włodarczyk W., Makowiec-Dabrowska T. 2006. Physiological reaction to work in cold microclimate // Int. J. Occup. Med. Environ. Health. V. 19. № 2. P. 123-131.
- Kinugasa H., Hirayanagi K. 1999. Effects of skin surface cooling and heating on autonomic nervous activity and baroreflex sensitivity in humans // Exp. Physiol. Vol. 84, № 2. P. 369-377.
- Lan L., Lian Z., Pan L. 2010. The effects of air temperature on office workers' well-

- being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings // *Appl. Ergon.* V. 42. № 1. P. 29-36.
- Liu W., Lian Z., Liu Y.* 2008. Heart rate variability at different thermal comfort levels // *Eur. J. Appl. Physiol.* V. 103. № 3. P. 361-366.
- Mäkinen T.M., Mäntysaari M., Pääkkönen T., Jokelainen J., Palinkas L.A., Hassi J., Leppäluoto J., Tahvanainen K., Rintamäki H.* 2008. Autonomic nervous function during whole-body cold exposure before and after cold acclimation // *Aviat. Space Environ. Med.* V. 79. № 9. P. 875-882.
- Morabito M., Crisci A., Orlandini S., Maracchi G., Gensini G.F., Modesti P.A.* 2008. A synoptic approach to weather conditions discloses a relationship with ambulatory blood pressure in hypertensives // *Am. J. Hypertens.* Vol. 21, № 7. P. 748-752.
- No M.H., Kwak H.B.* 2016. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players // *Integr. Med. Res.* V. 5. № 3. P. 216-222.
- Okada M., Kakehashi M.* 2014. Effects of outdoor temperature on changes in physiological variables before and after lunch in healthy women // *Int. J. Biometeorol.* V. 58. № 9. P. 1973-1981.
- Ren C., O'Neill M.S., Park S.K., Sparrow D., Vokonas P., Schwartz J.* 2011. Ambient temperature, air pollution, and heart rate variability in an aging population // *Am. J. Epidemiol.* V. 173. № 9. P. 1013-1021.
- Shin H.* 2016. Ambient temperature effect on pulse rate variability as an alternative to heart rate variability in young adult // *J. Clin. Monit. Comput.* V. 30. № 6. P. 939-948.
- Sunwoo Y., Chou C., Takeshita J., Murakami M., Tochiwara Y.* 2006. Physiological and subjective responses to low relative humidity // *J. Physiol. Anthropol.* V. 25. № 1. P. 7-14
- Wu S., Deng F., Liu Y., Shima M., Niu J., Huang Q., Guo X.* 2013. Temperature, traffic-related air pollution, and heart rate variability in a panel of healthy adults // *Environ. Res.* V. 120. P. 82-89.
- Xiong J., Lian Z., Zhou X., You J., Lin Y.* 2016. Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort // *Energy and Buildings.* V. 113. № 1. P. 87-98.
- Zanobetti A., Schwartz J.* 2008. Temperature and mortality in nine US cities // *Epidemiology.* V. 19. № 4. P. 563-570.

## **INFLUENCE OF METEOROLOGICAL PARAMETERS ON VEGETATIVE REGULATION OF CARDIAC RHYTHM IN RESIDENTS OF EUROPEAN NORTH: INDIVIDUAL CONTROL**

**A.L. Markov, Iu.G. Solonin, E.R. Boiko**

Institute of Physiology, Komi Science Center, Ural Branch, RAS, Syktyvkar

On the course of the long-term monitoring program we carried out the individual control of the effect of meteorological parameters on autonomic regulation of heart rhythm in residents of the European North. Some volunteers turned out to be meteodependent, whereas others do not. The external temperature and relative humidity had the greatest influence on the variability of the heart rate in meteodependant volunteers.

**Keywords:** *heart rate variability, European North, individual control, meteorological parameters.*

### *Об авторах:*

МАРКОВ Александр Леонидович – кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50, e-mail: volkarb@mail.ru

СОЛОНИН Юрий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50, e-mail: solonin@physiol.komisc.ru

БОЙКО Евгений Рафаилович – доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50, e-mail: erbojko@physiol.komisc.ru

Марков А.Л. Влияние метеорологических параметров на вегетативную регуляцию ритма сердца у жителей Европейского Севера: индивидуальный контроль / А.Л. Марков, Ю.Г. Сологин, Е.Р. Бойко // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2018. № 1. С. 21-29.